

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-152252
 (43)Date of publication of application : 05.06.2001

(51)Int.Cl.

C21D 9/40
 C22C 38/00
 C22C 38/18
 F16C 33/62

(21)Application number : 11-331487

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 22.11.1999

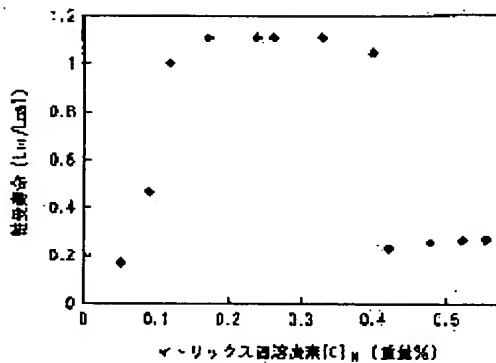
(72)Inventor : TAKEMURA HIROMICHI
 KIUCHI AKIHIRO
 MURAKAMI YASUO

(54) ROLL BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the initial peeling of a fixed ring in a roll bearing used under the conditions of high vibration, a high load and high temperature and to remarkably prolong the life of the bearing.

SOLUTION: An outer ring as a fixed ring is formed into a prescribed shape, e.g. by SUJ2. By quenching and tempering, the content of solid solution carbon in the matrix is controlled to 0.10 to 0.40 weight%. The content of solid solution carbon in the matrix [C]M can be expressed by the following formula: $[C]M = (100 \times [C]t - [\theta] \times [C]\theta) / (100 - [\theta])$. In this formula, [C]t denotes the carbon content (weight%) in the steel material to be used, [\theta] denotes the content (weight%) of cementite contained in the fixed ring after quenching and tempering, and [C]\theta denotes the carbon content (weight%) in cementite.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.11.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-152252

(P2001-152252A)

(43)公開日 平成13年6月5日(2001.6.5)

(51)Int.Cl.⁷

C 21 D 9/40

C 22 C 38/00

識別記号

3 0 1

3 0 2

38/18

F 16 C 33/62

F I

C 21 D 9/40

C 22 C 38/00

38/18

F 16 C 33/62

テ-マコ-ト[®](参考)

Z 3 J 1 0 1

3 0 1 Z 4 K 0 4 2

3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平11-331487

(71)出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72)発明者 武村 浩道

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72)発明者 木内 昭広

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(74)代理人 100066980

弁理士 森 哲也 (外2名)

(22)出願日

平成11年11月22日(1999.11.22)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 転がり軸受

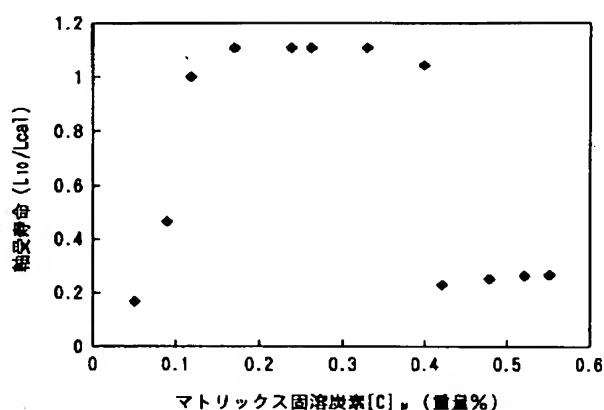
(57)【要約】

【課題】高振動、高荷重、高温条件下で使用される転がり軸受において、固定輪の早期剥離を防止して、軸受寿命を大幅に延長する。

【解決手段】固定輪である外輪を例えばS U J 2で所定形状に形成する。焼入れおよび焼き戻しにより、マトリックス固溶炭素量を0.10重量%以上0.40重量%以下にする。マトリックス固溶炭素量[C]_Mは下記の式で表される。

$$[C]_M = (100 \times [C]_T - [\theta] \times [C]_{\theta}) / (100 - [\theta])$$

この式中、「[C]_T」は、使用する鉄鋼材料の炭素含有率(重量%)であり、「[\theta]」は、焼入れおよび焼き戻し後の固定輪に含まれるセメンタイトの含有率(重量%)であり、「[C]_{\theta}」は、セメンタイトの炭素含有率(重量%)である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも固定輪（内輪および外輪のうち使用時に固定側とする軌道輪）は、合金成分として、炭素（C）を0.15重量%以上1.20重量%以下の含有率で、珪素（Si）を0.1重量%以上1.4重量%以下の含有率で、マンガン（Mn）を0.15重量%以上1.3重量%以下の含有率で、クロム（Cr）を*

$$[C]_{\text{w}} = (100 \times [C]_{\text{t}} - \sum ([MC] \times [C]_{\text{w}})) / (100 - \sum [MC])$$

… (1)

（式中、「[C]t」は、使用する鉄鋼材料の炭素含有率（重量%）である。「[MC]」は、焼入れおよび焼き戻し後の鋼に含まれる各炭化物の含有率（重量%）である。「Σ [MC]」は、焼入れおよび焼き戻し後の鋼に含まれる全ての炭化物の含有率の和（重量%）である。「[C]w」は、各炭化物中の炭素含有率（重量%）である。「Σ ([MC] × [C]w)」は、焼入れおよび焼き戻し後の鋼に炭化物として含まれている炭素の合計含有率を示す。）

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、転がり軸受に関し、特に、エンジン補機（オルタネータ、電磁クラッチ、電磁クラッチ、中間プーリ、コンプレッサー）用の軸受として好適なものに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、転がり軸受の内外輪および転動体は、例えばSUJ2（高炭素クロム軸受鋼2種）からなる素材を所定形状に加工した後、焼入れおよび焼き戻しを施すことにより得られている。この焼入れおよび焼き戻しにより、内外輪および転動体の表面硬さをHRC（ロックウェル硬さC）で60～65程度に向上させている。

【0003】この素材の組織は主にフェライトと球状化セメンタイトとからなるが、これを加熱して830～860℃に所定時間保持した後、油焼入れを行ってマルテンサイト変態させる。その後、150～180℃に所定時間保持する焼き戻し処理を行う。これにより、内外輪および転動体をなす鋼の組織は、マルテンサイトからなるマトリックスに、残留オーステナイトが約10体積%、球状セメンタイトが数体積%混合する組織となる。

【0004】日本金属学会誌（1968年、第32巻、第12号、1193～1198頁）には、内外輪および転動体をなす鋼の組織と転がり軸受の特性との関係に関し、マルテンサイトからなるマトリックス中に固溶している炭素の含有率（マトリックス固溶炭素量）の影響について記載されている。先ず、スラスト軸受の寿命試験の結果から、マトリックス固溶炭素量が0.45重量%程度である場合に最も寿命が長くなることが確認されている。また、耐摩耗性については、マトリックス固溶炭素量が0.4～0.5重量%であると、マトリックス固

* 0.4重量%以上1.8.0重量%以下の含有率で、それぞれ含む鉄鋼材料で所定形状に形成された後に、焼入れおよび焼き戻しを施すことにより得られ、下記の(1)式で表されるマトリックス固溶炭素量（[C]w、単位：重量%）が0.10以上0.40以下となっていることを特徴とする転がり軸受。

$$[C]_{\text{w}} = (100 \times [C]_{\text{t}} - \sum ([MC] \times [C]_{\text{w}})) / (100 - \sum [MC])$$

… (1)

10 溶炭素量が0.2～0.4重量%である場合よりも比摩耗量を減少できることが確認されている。さらに、引張強度および0.2%耐力については、マトリックス固溶炭素量が0.5%程度の場合に最も高い値となることが確認されている。

【0005】したがって、通常の転がり軸受の内外輪および転動体は、SUJ2からなる素材を所定形状に加工した後、マトリックス固溶炭素量が0.4～0.5重量%の範囲内となる条件で、焼入れおよび焼き戻しを行うことにより得られている。しかしながら、近年、自動車

20 の小型・軽量化に伴い、エンジンの補機類にも小型・軽量化と共に高性能・高出力化が求められている。例えばオルタネータ用の軸受には、エンジンの作動と同時に、高速回転に伴う高振動、高荷重（重力加速度で4G～20G位）がベルトを介して作用し、軸受の温度は90～130℃程度になる。そのため、従来のオルタネータ用軸受には、内外輪および転動体をなす鋼のマトリックス固溶炭素量を0.4～0.5重量%の範囲とした場合でも、固定輪である外輪の軌道面に早期剥離が生じ易いという問題があり、十分に長い寿命が得られていないかった。

【0006】日本鉄鋼協会講演論文集第137回春季講演大会CAMP-ISIJ Vol. 12 (1999) p 351～354には、この早期剥離のメカニズムに関する記載がある。先ず、高振動、高荷重、高温の条件下では、転がり疲労により、固定輪である外輪の最大剪断応力が負荷される位置の近傍に、外輪をなす鋼のマトリックス固溶炭素が拡散・凝集して、この部分が白色組織に変化する。この白色組織がポイドを含んだ微小亀裂を発生させ、この微小亀裂が剥離の起点となる。その結果、計算寿命の約1/5～1/20程度で早期に剥離が生じる。

【0007】この早期剥離を防止するために、特開平4-28845号公報には、通常使用されているSUJ2と比較して、炭素（C）の含有率が低く（0.65～0.90%）、クロム（Cr）の含有率が高い（2.0～5.0%）鋼を使用することによって、炭素の拡散速度を遅くすることが記載されている。さらに、ニッケル（Ni）、モリブデン（Mo）、およびバナジウム（V）のうちの少なくとも1種の元素を添加した鋼を使用することにより、マトリックスの強度を向上させるこ

とが記載されている。

【0008】また、固定輪の早期剥離を防止する対策として、「SAEテクニカルペーパー：SAE 950944（開催日1995年2月27日～3月2日）」の第1項～第14項には、オルタネータ用軸受の疲労メカニズムを解明し、封入グリースをEグリースからMグリースに変更することが開示されている。このMグリースはダンパー効果が高いため、高振動、高荷重下で使用される軸受に使用すると、振動および負荷を十分に吸収して固定輪の早期剥離を防止することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平4-28845号公報に記載の方法のように、単に炭素含有率が低い鋼を使用するだけでは、マトリックス固溶炭素の拡散速度を遅くして白色組織を生じさせない効果は十分ではない。また、マトリックスを強化するためにニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、バナジウム(V)のような高価な元素を添加する場合には、コストが高くなるという問題もある。

【0010】

本発明は、このような従来技術の問題点に*

$$[C]_w = (100 \times [C]_t - \sum ([MC] \times [C]_w)) / (100 - \sum [MC])$$

…(1)

(式中、「[C]t」は、使用する鉄鋼材料の炭素含有率(重量%)である。「[MC]」は、焼入れおよび焼き戻し後の鋼に含まれる各炭化物の含有率(重量%)である。「 $\sum [MC]$ 」は、焼入れおよび焼き戻し後の鋼に含まれる全ての炭化物の含有率の和(重量%)である。「[C]w」は、各炭化物中の炭素含有率(重量%)である。「 $\sum ([MC] \times [C]_w)$ 」は、焼入れおよび焼き戻し後の鋼に炭化物として含まれている炭素の合計含有率を示す。)本発明の転がり軸受によれば、固定輪をなす鋼のマトリックス固溶炭素量([C]w)を0.40重量%以下とすることにより、高振動、高荷重、高温の条件下で使用した場合でも、固定輪の最大剪断応力が負荷される位置の近傍にマトリックス固溶炭素が拡散し難くなる。これにより、早期剥離の原因となる白色組織が生じないようにすることができる。また、固定輪をなす鋼のマトリックス固溶炭素量([C]w)を0.10重量%以上とすることにより、必要なマトリックス強度が確保される。

【0012】固定輪をなす鋼のマトリックス固溶炭素量[C]wの好ましい範囲は、0.17重量%以上0.33重量%以下である。また、本発明においては、使用する鉄鋼材料の組成について、前述のように、C、Si、Mn、およびCrの含有範囲を限定する。なお、この範囲を満たす従来より公知の鉄鋼材料としては、高炭素クロム軸受、浸炭軸受鋼(SAE 5120)、耐食軸受鋼(AISI 440C)、Mo系ハイスやセミハイス等の耐熱軸受鋼(M50、MHT)等が挙げられる。

【0013】

これらの鋼に対して、焼入れ温度790～

*着目してなされたものであり、高振動、高荷重、高温条件下で使用されるエンジン補機用転がり軸受において、固定輪の早期剥離が防止されて、軸受寿命の大幅な延長が可能な転がり軸受を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、少なくとも固定輪(内輪および外輪のうち使用時に固定側とする軌道輪)は、合金成分として、炭素(C)を0.15重量%以上1.20重量%以下の含有率で、珪素(Si)を0.1重量%以上1.4重量%以下の含有率で、マンガン(Mn)を0.15重量%以上1.3重量%以下の含有率で、クロム(Cr)を0.4重量%以上1.8.0重量%以下の含有率で、それぞれ含む鉄鋼材料で所定形状に形成された後に、焼入れ(浸炭焼入れ、高周波焼入れ等を含む)および焼き戻しを施すことにより得られ、下記の(1)式で表されるマトリックス固溶炭素量([C]w、単位：重量%)が0.10以上0.40以下となっていることを特徴とする転がり軸受提供する。

1100℃、焼入れ温度での保持時間0.5～1.0時間、焼き戻し温度150～500℃、焼戻し温度での保持時間1.5～3.0時間の条件で焼入れ、焼き戻しを施すことにより、マトリックス固溶炭素量[C]wを0.10重量%以上0.40重量%以下とすることができる。

【0014】本発明で使用する鋼の各数値限定の臨界的意義について以下に述べる。

【C: 0.15～1.20重量%】Cは鋼に硬さを付与する元素であり、Cの含有量が0.15未満であると、転がり軸受に要求される硬さ(スケールCの場合のロックウェル硬さ(HRC)で57以上)を確保できない場合がある。また、Cはマトリックスに固溶するとともに他の合金成分元素(特にCr)と結合して炭化物となるが、Cの含有量が1.20重量%を超えると、製鋼時に巨大炭化物が生成しやすくなつて、疲労寿命や耐衝撃性が低下する恐れがある。

【Si: 0.10～1.40重量%】Siは製鋼時に脱酸剤として作用し、焼入れ性を向上させるとともに、組織変化を遅延させる元素であり、0.10重量%未満では脱酸効果が十分ではない。また、Siの含有率が1.40重量%を超えると、加工性が著しく低下するとともに、韌性や耐久性を著しく低下させると考えられている珪酸塩系介在物が生じる恐れがある。

【Mn: 0.15～1.30重量%】Mnは鋼の焼入れ性を向上させる効果のある元素であり、0.15重量%未満であるとその効果が不十分となる。Mnの含有率が1.30重量%を超えると加工性が低下する。また、S

の存在により寿命低下の要因となり得る介在物であるMnSが生じるため、Sの含有率を0.02重量%以下としてMnSの生成量を少なくすることが好ましい。

【Cr : 0.40～1.8.0重量%】Crは焼入れ性を向上させ、炭化物球状化を促進させる元素であるが、含有量が0.40重量%未満であるとこれらの作用が実質的に発揮されない。また、CrはCと結びついて巨大な炭化物を形成する恐れがあり、含有量が多いと被削性を劣化させる場合もあるため、これを避けるためにCr含有率の上限値を1.8.0重量%とする。

【0015】また、本発明で使用する鉄鋼材料は、合金成分として更に、モリブデン(Mo)を4.0重量%以下の範囲で、バナジウム(V)を2.0重量%以下の範囲で、ニッケル(Ni)を2.0重量%以下の範囲で含有することが好ましい。Moは鋼に焼き戻し軟化抵抗性を付与する元素であり、炭化物を形成する元素でもある。微細なモリブデン炭化物が分散されることにより、マトリックスに溶け込む炭素量が低下する。すなわち、Moを添加すれば、焼き戻し軟化抵抗性と微細なモリブデン炭化物の分散効果が得られ、軸受硬さを高くして、高温強度を向上することができる。ただし、Moを4.0重量%を超えて添加すると、これらの効果が飽和するばかりでなく、加工性が低下する恐れも出てくる。

【0016】Vは結晶粒界に析出して結晶粒の粗大化を抑制する元素である。また、鋼中の炭素と結合して微細な炭化物を形成する元素でもある。そのため、Vを添加すれば、軸受表層部の硬さが高くなつて、耐摩耗性が良好となる。ただしVの含有率が2.0重量%を超えると、結晶粒界にVの炭化物が析出して、加工性や種々の機械的性質を劣化させる恐れがある。

【0017】Niはマトリックスを強化して韌性を向上させる元素であるため、Niの添加により、転がり疲れ寿命が向上できる。しかし、2.0重量%を超えて添加すると、残留オーステナイト量が増加して焼入れ硬さが低下するため、転がり疲れ寿命が低下する。また、Niは高価であるため、多量に添加すると材料コストが高くなる。

【0018】また、本発明で使用する鉄鋼材料としては、更に、Siの含有率([Si])とMnの含有率([Mn])とNiの含有率([Ni])とCrの含有率([Cr])とMoの含有率([Mo])とVの含有率([V])の和の値([Si]+[Mn]+[Ni]+[Cr]+[Mo]+[V])が1.0重量%以上6.0重量%以下であることが好ましい。この鉄鋼材料を用いて形成された後に焼入れおよび焼き戻しを施して、マトリックス固溶炭素量を0.10重量%以上0.

4.0重量%以下とすることにより、鋼のマトリックス強度を更に高くすることができます。

【0019】ここで、Cr、Mo、およびVを含有する鉄鋼材料を用いることにより、熱処理後の鋼に、セメントイト(Fe₃C)以外に、M₃C、M₇C₃、M₂₃C₆(MはCrまたはMo)、VCなどの炭化物が分散析出される。(1)式の「Σ[MC]」は、これら全ての炭化物の合計含有率である。なお、析出した炭化物の種類は、TEM(透過型電子顕微鏡)を使用して、結晶の格子定数を調べることにより特定することができる。

【0020】また、「[Si]+[Mn]+[Ni]+[Cr]+[Mo]+[V]」を仮にβ値とすると、このβ値が1.0重量%未満である場合には、析出する炭化物の量が少ないため、鋼中の炭化物の含有率を測定することが困難になる。また、β値は、微細な炭化物を軌道表面に析出させて耐摩耗性を向上したり、焼き戻し軟化抵抗性を向上したり、結晶粒の粗大化を防止しながらマトリックスを強化する元素の総和を示す値である。このβ値が6.0重量%を超えるほど多量にこれらの元素を添加すると、上記効果が飽和するばかりでなく、高価な元素(Ni、Mo、V等)を多量に用いることによって材料コストが高くなるため、β値の上限値を6.0重量%とした。

【0021】また、本発明で使用する鉄鋼材料は、リン(P)の含有率が0.02重量%以下であり、硫黄(S)の含有率が0.02重量%以下であり、酸素(O)の含有率が0.0010重量%以下であることが好ましい。Pは転がり寿命及び韌性を低下させる元素である。Sは被削性を向上させる元素であるが、上述のように、Mnと結合して生じるMnS等の硫化物系介在物が、転がり寿命を低下させる。Oは鋼中に酸化物系の介在物を生成して、転がり寿命を低下させる。

【0022】
【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。以下のようにして、JIS呼び番6303の深みぞ玉軸受を作製した。先ず、この軸受の外輪を、下記の表1に示す各鉄鋼材料A～Gからなる素材を所定形状に加工した後、それぞれ表2に示す条件で焼入れおよび焼き戻しを施すことにより作製した。なお、焼入れ温度での保持時間は0.5時間とし、焼戻し温度での保持時間は2.0時間とした。また、表1のβ値は、「[Si]+[Mn]+[Ni]+[Cr]+[Mo]+[V]」を示す。

【0023】

【表1】

鋼の No	合金成分(重量%)							β 値 (wt%)	備考
	C	S1	Mn	Cr	Ni	Mo	V		
A	1.03	0.25	0.36	1.45	0	0	0	2.06	SUJ2
B	0.98	0.35	0.41	1.53	0	0	0	2.29	SUJ2
C	0.65	0.21	0.30	4.99	0	0.5	0	6.0	
D	0.65	0.25	0.30	0.40	0.5	0	0	1.45	
E	0.89	1.28	0.36	1.45	0	0	1.5	4.59	
F	0.91	0.34	1.08	0.50	0.5	0.5	0.5	3.42	
G	0.98	0.25	0.36	1.45	0	0	0	2.06	SUJ2

【0024】

【表2】

No	鋼の No	熱処理条件	
		焼入れ温度	焼戻し温度
1	A	790°C	170°C
2	B	790°C	250°C
3	C	810°C	170°C
4	D	810°C	250°C
5	E	790°C	170°C
6	F	790°C	250°C
7	G	830°C	170°C
8	G	830°C	250°C
9	G	850°C	170°C
10	G	850°C	250°C
11	G	750°C	170°C
12	G	810°C	350°C

$$[C]_{\text{w}} = (100 \times [C]_{\text{t}} - [\theta] \times [C]_{\theta}) / (100 - [\theta]) \quad \dots (1')$$

$$(12.011 / (55.847 \times 3 + 12.011)) \times 100 = 6.69 \quad \dots (2)$$

なお、セメンタイト中の炭化物形態が $M_3 C$ 型のみでなく、 $M_7 C_3$ 型、 $M_{23} C_6$ 型を含む場合には、上記(2)式の分母の「55.847×3」を、 $M_7 C_3$ 型では「55.847×2.3」に、 $M_{23} C_6$ 型では「55.847×3.8」にそれぞれ置き換えることによって、 $[C]_{\theta}$ (重量%) を求めることができる。そして、これらの異なる形態の炭化物が共存する場合には、それぞれの炭化物形態の存在率毎の総和により、全体の $[C]_{\theta}$ (重量%) を求めて(1)の $[C]_{\text{w}}$ とすることにより、 $[C]_{\theta}$ (重量%) を求めることができる。

【0027】また、各外輪の軌道面の硬さ(HRC)と残留オーステナイト量(γ_{w})を測定したところ、硬さ(HRC)は表3に示す値となり、残留オーステナイト量(γ_{w})は0~1.5体積%となった。次に、内輪と転動体は、同じSUJ2からなる素材(表1のA)を用い

* 【0025】次に、焼入れおよび焼き戻し後の各外輪をなす鋼に含まれるセメンタイトの含有率 $[\theta]$ (重量%)を、X線回折法による分析で測定した。この分析は理学電気(株)製のX線回折装置を用い、照射X線: Co K α 線、管電圧: 40 kV、管電流: 200 mA、照射面積: 120 mm² の条件で行った。この値を表3に示す。

【0026】なお、セメンタイトの含有率 $[\theta]$ を測定する方法は、このようなX線回折法による方法以外に、電子顕微鏡による面積定量法や、電解分離による化学的定量法がある。これらの方針によって測定した場合にも同じ結果が得られることを確認した。また、この値 $[\theta]$ と、各外輪の素材として使用した鉄鋼材料の炭素含有率($[C]_{\text{t}}$ (表1に示す各鋼の炭素含有率))と、セメンタイト(F_{e}, C)の炭素含有率($[C]_{\theta}$)とを用い、下記の(1')式により、マトリックス固溶炭素量 $[C]_{\text{w}}$ (重量%)を算出した。なお、セメンタイト(F_{e}, C)の炭素含有率($[C]_{\theta}$ (重量%))は、下記の(2)式から算出した値を使用した。この値を表3に示す。

*

$$[C]_{\text{w}} = (100 \times [C]_{\text{t}} - [\theta] \times [C]_{\theta}) / (100 - [\theta]) \quad \dots (1')$$

.... (2)

て所定形状に形成した後、840°Cで焼入れ後、180°Cで焼き戻しする通常の熱処理を施すことにより作製した。内輪と転動体の残留オーステナイト量は3~5体積%であり、表面硬さはHRC 6.2~6.4であり、マトリックス固溶炭素量 $[C]_{\text{w}}$ は0.5重量%であった。また、内輪および外輪の表面粗さはRaで0.01~0.05 μmとし、転動体の表面粗さはRaで0.003~0.10 μmとした。

【0028】この軸受を、外輪と内輪との間に、多数の転動体を保持器により保持した状態で配設し、保持器の両側位置の外輪と内輪との間に、シール部材を装着した。また、この軸受のシール部材によって囲まれる空間にグリースEを封入した。このようにして作製された、外輪のみが異なる転がり軸受(No. 1~12)に対して、以下のようにして、高振動、高荷重、高温の条件下

での寿命試験を行った。

【0029】試験機としては、特開平9-89724号公報に開示されている軸受用寿命試験装置を用い、外輪をハウジングに固定して固定輪とし、内輪をシャフトに外嵌させて回転輪とした。そして、回転数を所定時間毎（例えば9秒毎）に9000 rpmと18000 rpmとに切り換える急加減速試験（SAEテクニカルペーパー：SAE 950944に記載された試験方法）を行った。転がり軸受の軸受隙間を10～15 μmとし、荷重条件は、P（負荷荷重）/C（動定格荷重）=0.10とし、試験温度を130°Cで一定にした。

【0030】この条件での転がり軸受の計算寿命（理論*

*的な最大寿命）は1350時間であるため、試験打ち切り時間を1500時間とした。また、この試験は、No. 1～12の試験体をそれぞれ10個ずつ用意して、焼付きや剥離などの異常が生じるまでの時間を測定した。10個の試験体の結果のうち、異常が生じるまでの時間が最も短い時間（L₁₀ 寿命）を調べた。

【0031】これらの結果を下記の表3に示す。なお、10個の試験体すべてに試験打ち切り時間までに焼付きや剥離などの異常が生じなかつた場合には、L₁₀ 寿命を1500時間とした。

【0032】

【表3】

No.	外輪の性状			軸受の寿命試験の結果	
	[θ] (wt%)	[C] (wt%)	硬さ HRC	L ₁₀ 寿命 (時間)	剥離の有無
1	10.0	0.40	61	1412	2個の外輪に剥離有り
2	11.5	0.24	58	1500	全てに剥離無し
3	5.0	0.33	63	1500	全てに剥離無し
4	6.0	0.26	60	1500	全てに剥離無し
5	11.0	0.17	65	1500	全てに剥離無し
6	12.0	0.12	59	1362	2個外輪に剥離有り
7	8.0	0.48	62	342	全ての外輪に剥離有り
8	9.0	0.42	60	315	全ての外輪に剥離有り
9	7.0	0.55	63	364	全ての外輪に剥離有り
10	7.5	0.52	61	359	全ての外輪に剥離有り
11	14.0	0.05	53	231	全ての外輪に剥離有り
12	13.5	0.09	55	637	全ての外輪に剥離有り

【0033】表3から分かるように、No. 1～6の軸受は、固定輪である外輪をなす鉄鋼材料が本発明の範囲内にあり、焼入れおよび焼き戻し後のマトリックス固溶炭素量[C]も本発明の範囲（0.10重量%以上0.40重量%以下）内にあるため、本発明の実施例に相当する。これに対して、No. 7～12の軸受は、固定輪である外輪をなす鉄鋼材料は本発明の範囲内にあるが、焼入れおよび焼き戻し後のマトリックス固溶炭素量[C]は本発明の範囲外であるため、本発明の実施例に相当する。

【0034】そして、本発明の実施例であるNo. 1～6の軸受は、全て計算寿命より長い寿命となった。このように長い寿命が得られた理由の一つは、マトリックス固溶炭素量[C]が0.10重量%以上であるため、微細な炭化物がマトリックス中に分散析出して、軸受に必要なHRC 58以上の硬さが得られたことにある。もう一つの理由は、マトリックス固溶炭素量[C]が0.40重量%以下であるため、転がり疲労によるマトリックス固溶炭素の拡散・凝集が抑制されて、早期剥離の原

因となる白色組織が生じないようになったことにある。

【0035】特に、No. 2～5の軸受の寿命は、1500時間を超える著しく長いものとなった。No. 1と6の軸受は、10個の試験体のうち2個の外輪の軌道面に剥離が生じたが、計算寿命よりは長い寿命を得ることができた。これに対して、比較例であるNo. 7～12の軸受は、全て計算寿命より短い寿命となった。

【0036】No. 7～10の軸受の寿命は、計算寿命の1/4程度であった。剥離は全て外輪に生じ、剥離部分の組織は白色に変化していた。これは、外輪のマトリックス固溶炭素量[C]が0.40重量%よりも大きいことから、転がり疲労により、マトリックス固溶炭素が拡散・凝集し易くなつたためと考えられる。マトリックス固溶炭素の拡散・凝集が生じると、炭素が析出してマトリックス（マルテンサイト組織）から分離し易くなつてフェライト組織部が生じ、このフェライト組織部にボイドを含んだ微小亀裂が発生し易くなる。この微小亀裂を起点として早期剥離に至つたと考えられる。

【0037】No. 11の軸受の寿命は計算寿命の約1/

6であり、No. 12の軸受の寿命は計算寿命の約1/2であった。これらの軸受が短時間で剥離に至った原因是、外輪のマトリックス固溶炭素量 [C]_M が0.10重量%未満であることから、軌道面の硬さ (HRC) が53, 55と低く、剪断応力に対する転がり疲労が大きくなつたためと考えられる。

【0038】図1は、これらの結果から得られた、軸受寿命 (L_{10} 寿命/計算寿命) とマトリックス固溶炭素量との関係を示すグラフである。このグラフから分かるように、外輪のマトリックス固溶炭素量 [C]_M を0.10重量%以上0.40重量%以下の範囲とすることにより、軸受の寿命を計算寿命より長くすることができる。また、外輪のマトリックス固溶炭素量 [C]_M を0.17重量%以上0.33重量%以下の範囲とすれば、軸受の寿命をより一層長くすることができる。また、外輪のマトリックス固溶炭素量 [C]_M がこの範囲外であると、計算寿命の1/2以下の時間で早期剥離が生じることが分かる。

【0039】なお、この実施形態では外輪を固定輪としているため、外輪を本発明の仕様としているが、内輪が固定輪の場合には、内輪を本発明の仕様とする。また、*

* 内外輪の両方を本発明の仕様とすることにより、高振動、高荷重、高温の条件下での寿命を更に長くすることができる。さらに、転動体を本発明の仕様とすることにより、高振動、高荷重、高温の条件下での寿命を更に長くすることができる。

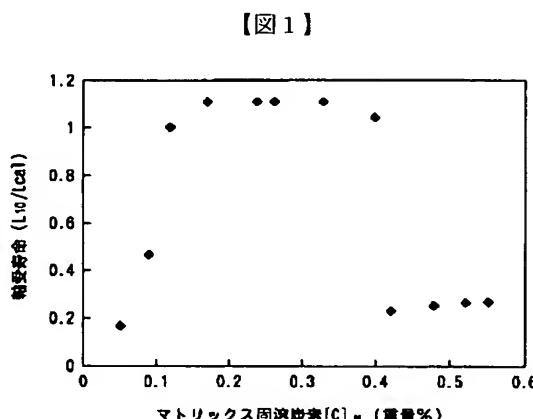
【0040】また、硬さの向上を目的として、HRC 60以上を確保するために、サブゼロ処理を行うことが好ましい。さらに、軸受隙間の増大に伴う振動発生や、内輪クリープに伴う振動増大を防止することを目的として、寸法安定化処理を行うことが好ましい。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の転がり軸受によれば、高振動、高荷重、高温の条件下での寿命を、従来よりも大幅に長くすることができる。その結果、エンジン補機用として好適な転がり軸受が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態の結果から得られた、軸受寿命 (L_{10} 寿命/計算寿命) とマトリックス固溶炭素量との関係を示すグラフである。



フロントページの続き

(72)発明者 村上 保夫

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内

F ターム(参考) 3J101 AA02 AA32 AA54 BA54 BA70

DA03 EA02 EA03 EA63 FA31
GA21

4K042 AA22 BA03 BA04 CA06 CA08
CA10 CA13 DA01 DA02 DC02